



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
G01L 1/22 (2006.01)

(21)(22) Заявка: 2017142243, 04.12.2017

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
04.12.2017

Дата регистрации:
27.11.2018

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 04.12.2017

(45) Опубликовано: 27.11.2018 Бюл. № 33

Адрес для переписки:

152903, Ярославская обл., г. Рыбинск, пр-кт
Ленина, 163, Публичное акционерное общество
"ОДК-Сатурн", ОРИС

(72) Автор(ы):

Храмин Роман Владимирович (RU),
Михайлов Александр Леонидович (RU),
Лебедев Максим Владимирович (RU),
Веселов Алексей Валентинович (RU),
Слободской Денис Андреевич (RU),
Собуль Александр Владимирович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Публичное акционерное общество
"ОДК-Сатурн" (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: SU 212594 A1, 29.02.1968. SU 767346
A1, 30.09.1980. "Основы конструирования
авиационных двигателей и энергетических
установок", авторы А.А. Иноземцев, М.А.
Нихамкин, В.Л. Сандрацкий. - М.:
машиностроение, 2008. - Т. 1. - 201 с.

(54) СПОСОБ ИЗМЕРЕНИЯ СИЛ, ДЕЙСТВУЮЩИХ НА ПОДШИПНИК КАЧЕНИЯ ПРИ СТАТИЧЕСКОМ И ДИНАМИЧЕСКОМ НАГРУЖЕНИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕНЗОДАТЧИКОВ СОПРОТИВЛЕНИЯ

(57) Реферат:

Изобретение относится к способам измерения осевых и радиальных сил, воздействующих на работающий подшипник качения, и может найти применение во всех узлах, имеющих подшипники качения. При реализации способа тензодатчики установлены на наружной посадочной поверхности неподвижного кольца подшипника. При этом тензодатчики устанавливаются на наклонные к оси вращения подшипника участки наружной посадочной поверхности неподвижного

кольца. Для тензодатчиков выполняют градуировку усилий, соответствующих рабочим частотам вращения, нагрузкам и тепловому состоянию подшипника при работе в узле. Технический результат заключается в возможности одновременного измерения как радиальной, так и осевой сил, воздействующих на радиально-упорный подшипник качения, с использованием градуировочных коэффициентов. 3 ил.

RU 2 673 503 C1

RU 2 673 503 C1

Тензодатчики

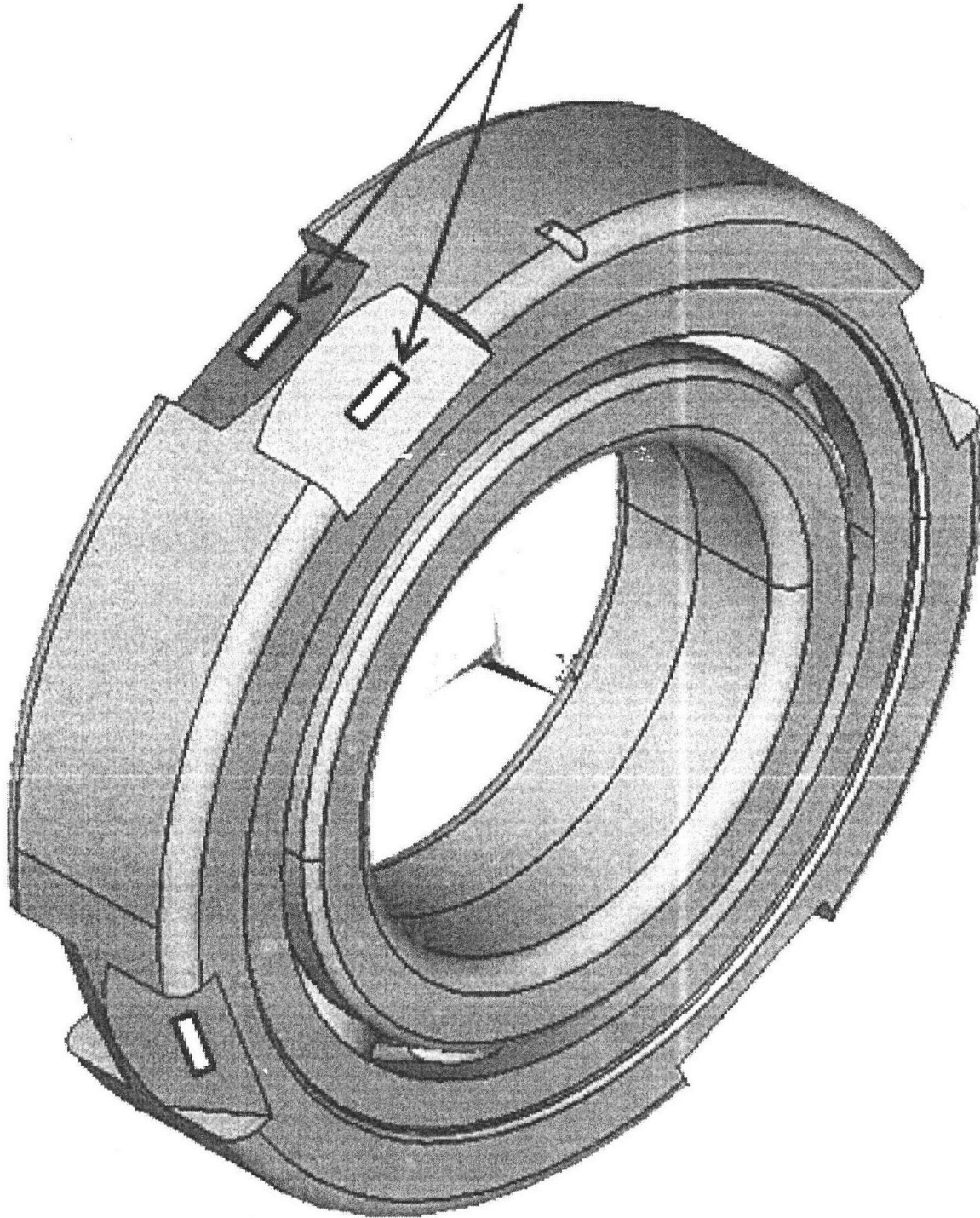


Схема расположения тензодатчиков

Фиг. 1

RU 2673503 C1

RU 2673503 C1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC
G01L 1/22 (2006.01)

(21)(22) Application: **2017142243, 04.12.2017**

(24) Effective date for property rights:
04.12.2017

Registration date:
27.11.2018

Priority:

(22) Date of filing: **04.12.2017**

(45) Date of publication: **27.11.2018** Bull. № 33

Mail address:

**152903, Yaroslavskaia obl., g. Rybinsk, pr-kt
Lenina, 163, Publichnoe aktsionerhoe obshchestvo
"ODK-Saturn", ORIS**

(72) Inventor(s):

**Khramin Roman Vladimirovich (RU),
Mikhajlov Aleksandr Leonidovich (RU),
Lebedev Maksim Vladimirovich (RU),
Veselov Aleksej Valentinovich (RU),
Slobodskoj Denis Andreevich (RU),
Sobul Aleksandr Vladimirovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Publichnoe aktsionerhoe obshchestvo
"ODK-Saturn" (RU)**

(54) **METHOD OF MEASURING EFFORT APPLIED TO BEARING WITH STATIC AND DYNAMIC LOADING USING STRAIN GAUGES**

(57) Abstract:

FIELD: measuring equipment.

SUBSTANCE: invention relates to methods for measuring axial and radial efforts applied to running rolling bearing and can be used in all components having rolling bearings. When implementing the method, strain gauges are installed on the outer landing surface of the fixed bearing ring. In this case, the strain gauges are installed on sections of the outer landing surface of the stationary ring inclined to the axis of

rotation of the bearing. For strain gauges, a calibration is performed for the efforts corresponding to the operating frequencies of rotation, loads and the thermal state of the bearing when working in the assembly.

EFFECT: technical result consists in the possibility of simultaneous measurement of both radial and axial efforts applied to the radial-thrust rolling bearing using calibration coefficients.

1 cl, 3 dwg

Тензодатчики

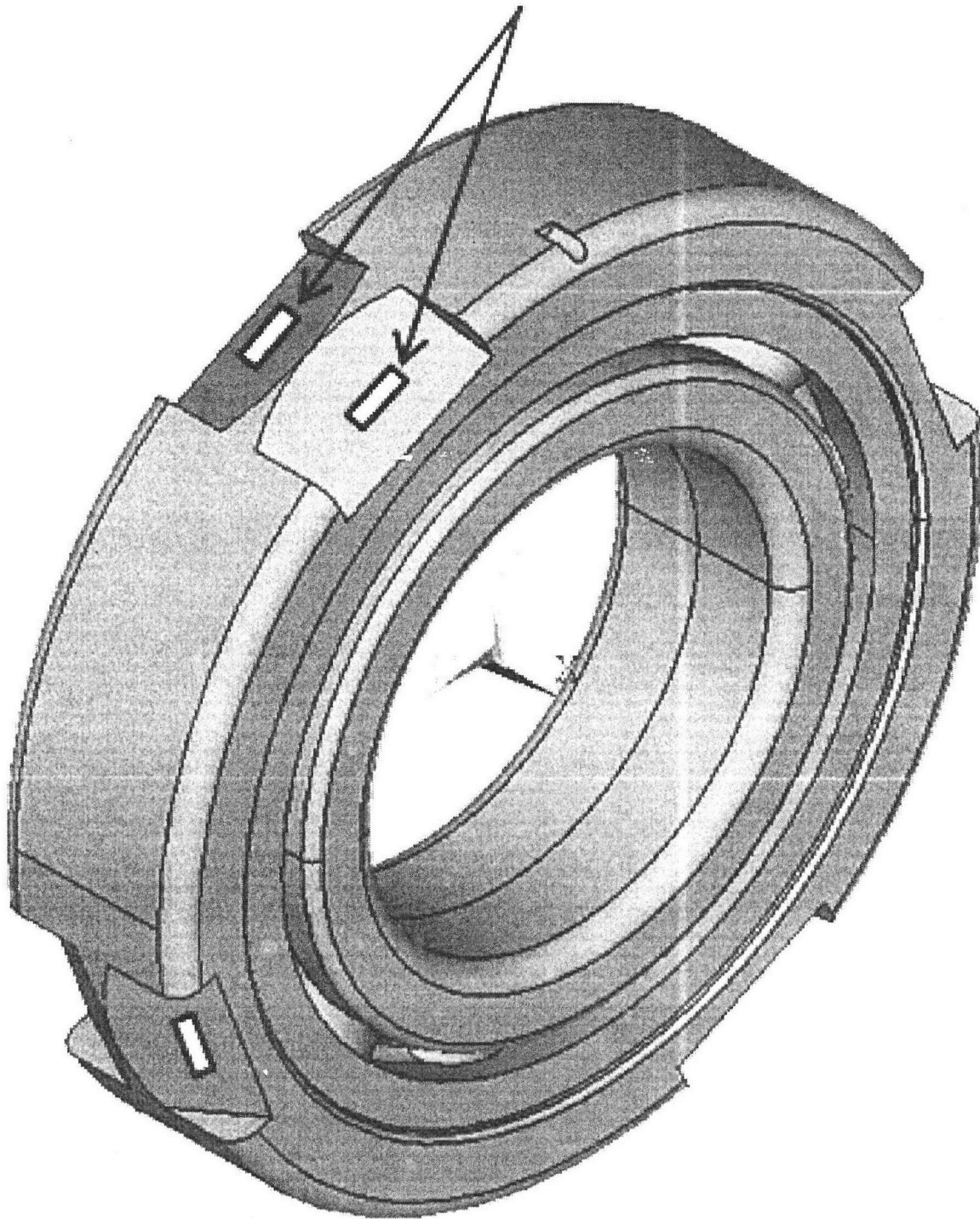


Схема расположения тензодатчиков

Фиг. 1

RU 2673503 C1

RU 2673503 C1

Изобретение относится к способам измерения осевых и радиальных сил, действующих на работающий подшипник качения. Изобретение может найти применение во всех узлах, имеющих подшипники качения.

Известен способ измерения осевого усилия тензометрическими кольцами («Основы конструирования авиационных двигателей и энергетических установок» авторы А.А. Иноземцев, М.А. Нихамкин, В.Л. Сандрацкий. - М.: машиностроение, 2008. - Т. 1. - 201 с.) располагаемыми с обеих сторон радиально-упорного подшипника качения. Тензометрические кольца представляют собой плоские упругие кольца с упорными площадками. На плоских поверхностях между опорными выступами устанавливаются тензодатчики. При приложении осевого усилия на опорные выступы происходит деформация площадок с тензодатчиками с появлением сжимающих напряжений с одной стороны площадки и растягивающих - с другой. Показания по указанным деформациям градуируют на технологической установке. Основным недостатком указанного способа является необходимость использования технологической опоры в двигателе, в которой следует установить тензометрические кольца, что значительно увеличивает массу опоры, и дает возможность измерения только осевой силы.

Наиболее близким к изобретению является способ измерения радиальных сил, действующих на подшипник качения при статическом и динамическом нагружении с использованием тензодатчиков сопротивления (авторское свидетельство №212594, опубл. 29.11.1968, бюл. №9, МПК G01M 13/04), при котором тензодатчики установлены на неподвижном кольце подшипника. Основным недостатком данного способа является отсутствие возможности измерения осевых нагрузок, т.к. данное расположение тензодатчиков позволяет выполнять измерения только радиальных нагрузок.

Техническим результатом, на достижение которого направлено изобретение, является возможность одновременного измерения как радиальной, так и осевой сил, действующих на радиально-упорный подшипник качения, с использованием градуировочных коэффициентов.

Технический результат достигается тем, что в способе измерения сил, действующих на подшипник качения при статическом и динамическом нагружении с использованием тензодатчиков сопротивления, при котором тензодатчики установлены на наружной посадочной поверхности неподвижного кольца подшипника, в отличие от известного, тензодатчики устанавливаются на наклонные к оси вращения подшипника участки наружной посадочной поверхности неподвижного кольца, при этом для тензодатчиков выполняют градуировку усилий, соответствующих рабочим частотам вращения, нагрузкам и тепловому состоянию подшипника при работе в узле.

На фигурах показаны:

Фиг. 1 - пример схемы расположения тензодатчиков.

Фиг. 2 - пример спектра амплитудно-частотной характеристики динамических напряжений на одной из частот вращения ротора.

Фиг. 3 - пример зависимости динамических напряжений от осевого усилия.

Способ осуществляется следующим образом.

На неподвижном кольце, под углом к оси вращения выполняются пазы, в которые устанавливаются тензодатчики сопротивления. Для тензодатчиков выполняется градуировка усилий для определения градуировочных коэффициентов.

Для повышения точности градуировки, например, на технологической установке или в составе двигателя, режимы градуировки должны соответствовать рабочим частотам вращения, нагрузкам и тепловому состоянию подшипников при работе в узле.

При градуировке по результатам измерений динамических напряжений в каждый момент времени получают амплитудно-частотную характеристику, в которой полезными сигналами являются амплитуды напряжений на частотах прокатывания тел качения по дорожкам качения наружных колец.

5 Градуировочный коэффициент для усилия определяется при сопоставлении амплитуды напряжений на частоте прокатывания тел качения и эталонным усилием на технологической установке в каждый момент времени.

Пример.

10 С помощью динамического тензометрирования выполняется измерения, например, осевого усилия в стендовых условиях на двигателе при проведении предварительных испытаний (фиг. 1). Величины измеряемых осевых нагрузок определяются по записям на контрольно-измерительную аппаратуру величины динамических напряжений, измеренных тензодатчиками, расположенными на наружном кольце подшипника.

15 Перед проведением испытаний подшипник дорабатывается: в наружном кольце подшипника на посадочной поверхности под углом к оси вращения выполняются пазы, в которые устанавливаются тензодатчики, которые размещаются в зоне наибольших расчетных напряжений, определенных на основании 3D математического моделирования напряженно-деформированного состояния наружного кольца.

20 Для определения зависимости между показаниями тензодатчиков и величиной осевого усилия перед испытаниями в составе ГТД выполняется градуировка. Градуировка показаний тензодатчиков осуществляется на специальной технологической установке в диапазоне рабочих частот вращения ротора ГТД и в диапазоне ожидаемых величин осевого усилия. Градуировка тензодатчиков выполняется в два этапа: при действии осевого усилия, как в сторону компрессора, так и в сторону турбины. Для повышения 25 точности градуировки напряжения, записанные всеми тензодатчиками, усредняются.

По результатам градуировки строится зависимость динамических напряжений с частотой прокатывания шаров от осевого усилия (фиг. 2, фиг. 3) и далее определяется линейный градуировочный коэффициент (К). Для тензодатчиков со стороны компрессора и со стороны турбины определяются свои градуировочные коэффициенты. 30 В процессе проведения градуировки, для каждого отдельного подшипника определяется свой градуировочный коэффициент.

По результатам измерений динамических напряжений в каждый момент времени получают амплитудно-частотную характеристику, в которой полезным сигналом является амплитуда напряжений на частоте прокатывания шариков по наружной 35 обойме. Амплитуда динамических напряжений с частотой прокатывания шаров пропорциональна величине осевой нагрузки. По полученной амплитуде, с помощью градуировочного коэффициента, вычисляется действующее осевое усилие на подшипник в каждый момент времени и направление его действия. При этом погрешность измерений осевого усилия не превышает 10%.

40 Таким образом, данное техническое решение позволяет выполнить измерения с использованием градуировочных коэффициентов, как осевой силы, действующей на радиально-упорный подшипник качения, так и радиальной.

(57) Формула изобретения

45 Способ измерения сил, действующих на подшипник качения при статическом и динамическом нагружении с использованием тензодатчиков сопротивления, при котором тензодатчики установлены на наружной посадочной поверхности неподвижного кольца подшипника, отличающийся тем, что тензодатчики устанавливаются на наклонные к оси

вращения подшипника участки наружной посадочной поверхности неподвижного кольца подшипника, при этом для тензодатчиков выполняют градуировку усилий, соответствующих рабочим частотам вращения, нагрузкам и тепловому состоянию подшипника при работе в узле.

5

10

15

20

25

30

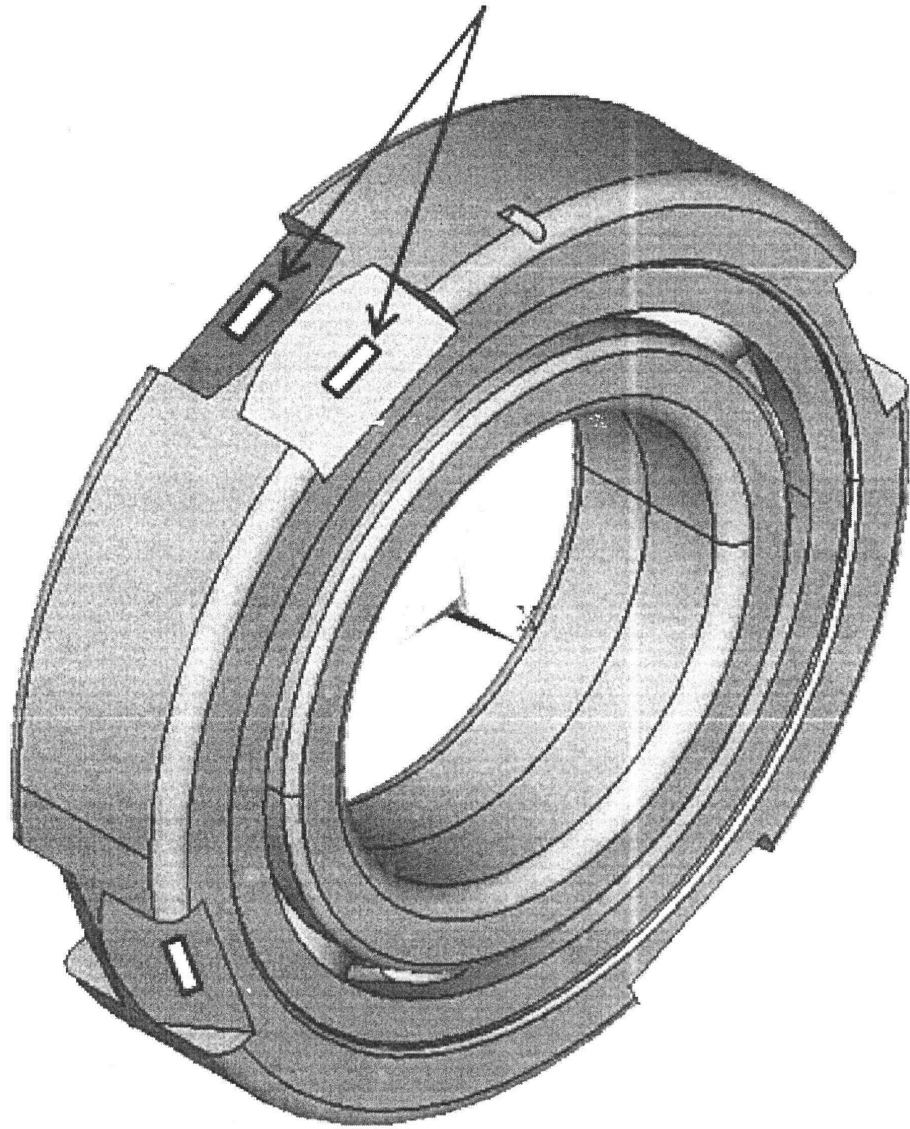
35

40

45

1

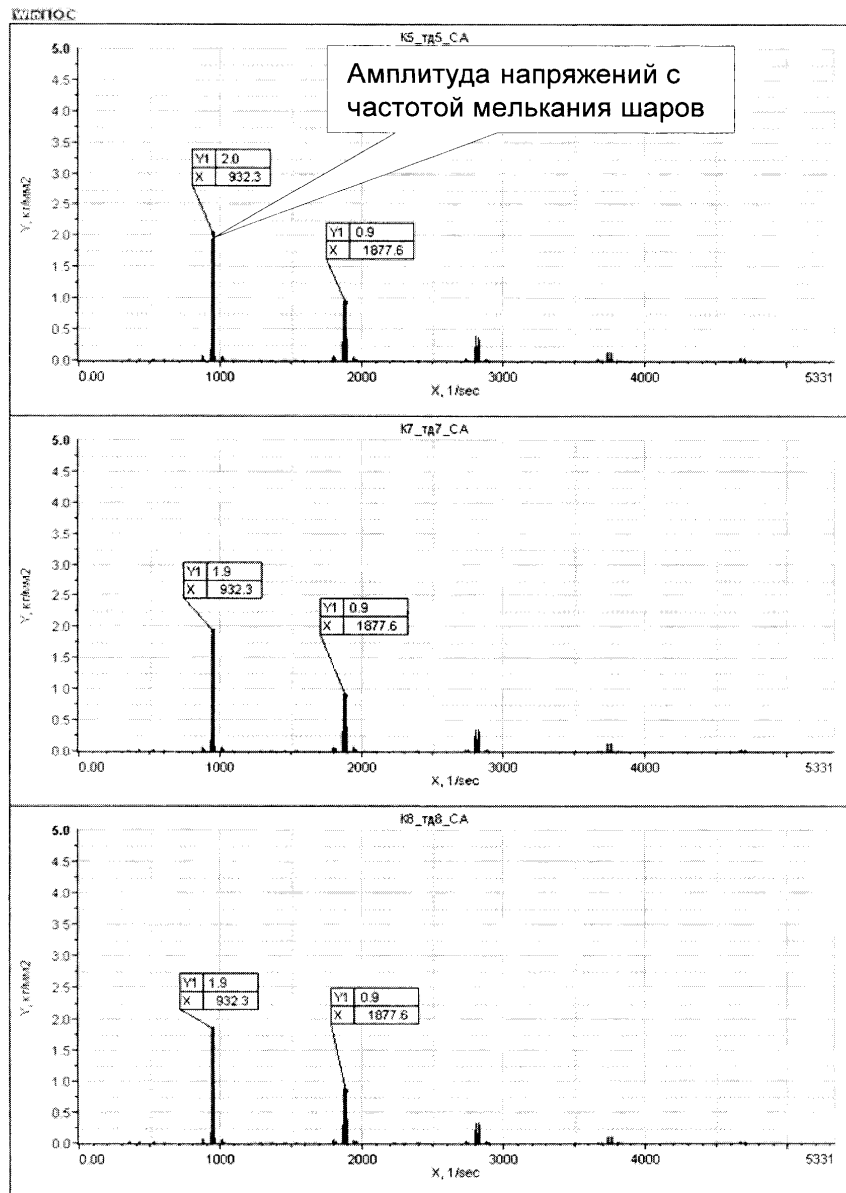
Тензодатчики



Фиг. 1 – Схема расположения тензодатчиков

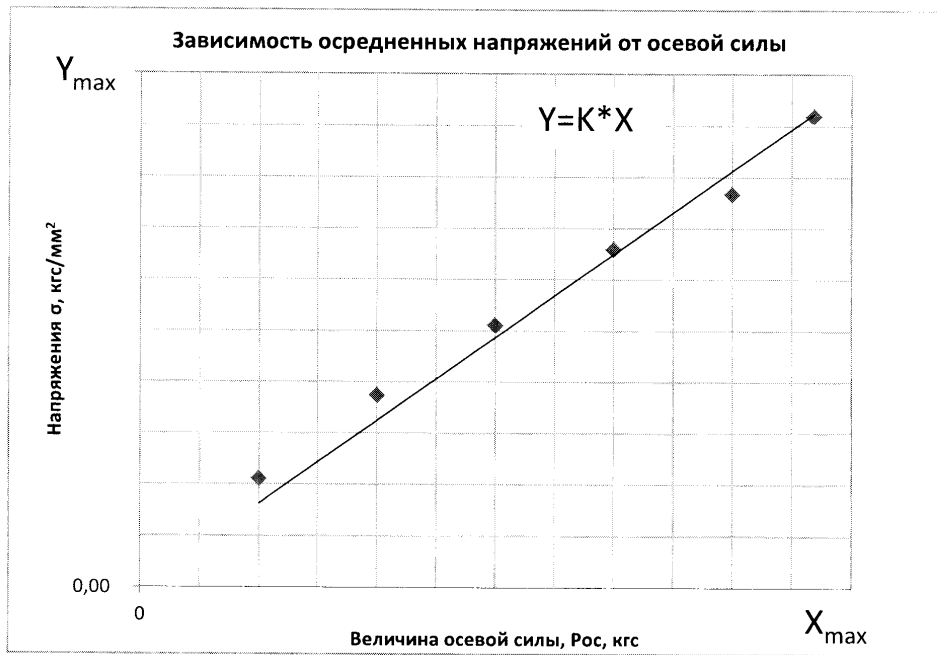
2

Способ измерения сил, действующих на подшипник качения при статическом и динамическом нагружении с использованием тензодатчиков сопротивления



Фиг.2

Способ измерения сил, действующих на подшипник качения при статическом и динамическом нагружении с использованием тензодатчиков сопротивления



Фиг.3